

تعریف جوش (Weld definition)

جوش دادن عبارت است از ایجاد پیوستگی مولکولی بین دو یا چند قطعه فلزی که حد اقل یکی از آنها به طور موضعی تحت اثر حرارت بحالت خمیری یا مذاب در آمده باشد. این عمل ممکن است بدون فشار و یا تحت فشار انجام پذیرد به عبارت دیگر جوش یک محل اتصال متالورژیکی است که آن محل اتصال را نتوان از سایر قسمتهای به هم جوش داده شده از نظر ۱- پیوندهای اتمی ۲- خواص مکانیکی ۳- ساختار میکروسکوپی تشخیص داد و به طور کلی اتصال دائمی دو قطعه به همدیگر در ناحیه مورد نظر خودمان به واسطه گرما ، با فلز واسطه و یا بدون فلز واسطه ، با پوشش محافظ و یا بدون آنرا جوشکاری گویند .

تاریخچه جوش (WELDING HISTORY)

متصل کردن فلزات بوسیله لحیم کاری ، جوشکاری زرد یا جوشکاری سخت ، و جوشکاری به طور تجربی از زمانهای قدیم پیشرفت کرده است . رومیهای قدیم از لحیم هایی استفاده میکردند که بوسیله پلینی بنام آرژنتاریم و ترتاریم معروف شده بود . مهارت صنعتگران قدیمی را می توان از کارشان دریافت کرد . بعنوان مثال : جواهرآلات اتروریانی به وسیله چسباندن ذرات ریز طلا بر روی سطحش با استفاده از مخلوط نمک مس و صمغ آلی زینت داده شده اند جوشکاری هم مانند لحیم کاری و جوشکاری زرد یک هنر قدیمی محسوب میشود . دست بندهای طلایی پیدا شده اند که متعلق به ما قبل تاریخ بوده و سرشان بوسیله چکش کاری بیکدیگر جوش خورده اند نشاندهنده آن

است . با اینحال , این روش مرسوم نبود تا اینکه کشفیات نیمه دوم قرن نوزدهم زمینه را برای عملیات جوشکاری جدید آماده کردند که این کشفیات بدینشرحند :

- ۱- برناندوز روسی در ۱۸۸۶ قوس جوشکاری را مورد استفاده قرار داد
- ۲- موسیان در ۱۸۸۱ قوس کربنی را برای ذوب فلزات مورد استفاده قرار داد
- ۳- اسلاویانوف الکترودهای قابل مصرف را در جوشکاری به کار گرفت
- ۴- ژول در ۱۸۵۶ به فکر جوشکاری مقاومتی افتاد
- ۵- لوشاتلیه در ۱۸۹۵ لوله اکسی استیلن را کشف و معرفی کرد
- ۶- الیهید تامسون آمریکایی از جوشهای مقاومتی در سال ۷-۱۸۷۶ استفاده کرد

چون علم جوشکاری همراه با گنج تخصصی است یعنی هر جوشکارماهر در طی تاریخ درآمد زیادی داشته سبب شد که آنها اسرار خود را از یکدیگر مخفی نمایند و جوشکاری در آن زمان پیشرفت زیادی نکند. در جریان جنگ جهانی اول و دوم جوشکاری پیشرفت زیادی کرد . احتیاجات بشر به اتصالات مدرن -سبک- محکم و مقاوم در سالهای اخیر مخصوصاً بیست سال اخیر سبب توسعه سریع این فن گردید و سرمایه گذاریهای عظیم چه از طرف دولتها و چه صنایع نظامی و تخصصی در این مورد اعمال گردید و مخصوصاً رقابتهای انسانها در علوم هسته ای یکی دیگر از علل پیشرفت فوق سریع این فن در چند دهسال اخیر شد که به علم جوشکاری تبدیل گردید .

عیوب جوشکاری (defects weld)

کل ساختارها وتجهیزات جوشکاری شده را می توان به چند دسته کلی تقسیم نمود.

۱- جوشکاری ساختمانی

۲- جوشکاری در زمینه نفت ، گاز و پتروشیمی

۳- جوشکاری در صنعت خودرو

۴- جوشکاری در زمینه ماشین سازی

۴- سایر جوشکاریها مثل جوش پلاستیک ، ابزار دقیق و

دسته بندی فوق به ترتیب از بیشترین حجم انجام شده تا کمترین حجم ارائه شده است. بطور مثال جوشکاری ساختمانی بیشترین حجم تولید را حداقل در کشور ما نسبت به سایر بخشها به خود اختصاص می دهد گرچه به دلیل عدم تنوع و جوش پذیری خوب آلیاژهای مورد استفاده جوشکاری در این بخش از سختی کمتری برخوردار است ولی به دلیل کاربرد مستقیم انسانی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در اینجا لازم است راجع به مسئله کیفیت توضیحی داده شود. در مسئله کیفیت مهم نیست که کار مورد نظر سخت ، دقیق ، یا پرکیفیت است یا بر عکس کاری آسان ، غیر دقیق و کم کیفیت را در پیش رو دارید، در مسئله کیفیت آنچه مهم است این است که همواره کار با کیفیت و دقتی بالاتر از دقت و کیفیت مورد نیاز انجام شود بطور مثال وبه شکل بسیار ساده میتوان از اعداد برای توضیح مقصود استفاده نمود. اگر کار ساده ای احتیاج به کیفیتی با عدد ۵ داشته باشد ولی صنعتگر ما عادت کرده باشد که همواره مقداری دقت کمتری از خود نشان دهد آنگاه کار فوق را با دقتی معادل عدد ۴ انجام خواهد داد و نتیجه نهایی کاری بدون کیفیت خواهد بود. همین دیدگاه کار دقیقی با کیفیت مورد نیاز در حد عدد ۱۰۰۰۰ را نیز با کیفیت ۹۰۰۰ انجام خواهد داد و نتیجه هر دو کار یکسان

خواهد بود ، در صورتی که در مورد کار اول با کمی دقت می توان کار مورد نظر را با دقت مورد نیاز انجام داد.

جوشکاری ساختمانی نیز همین حالت را دارد گرچه در بین جوشکاریهای ذکر شده دقت و کیفیت کمتری را می طلبد ولی به دلیل روحیه و طرز تفکر و برخورد بسیار بی دقت و بی کیفیت به انجام رسیده و همواره خطر ساز بوده و در مواقع زلزله باعث تلفات جانی و مالی زیادی می گردد. برخی اشکالات موجود در این قسمت را می توان به این صورت ذکر کرد: الف-عدم تخصیص جایگاه و اهمیت درخور به جوشکاران حرفه ای ب- نبود تجهیزات مورد نیاز پ-عدم تدوین آیین نامه ها و آموزشهای مورد نیاز ت-نبود نظارت ، نظارت تخصصی ث-کیفیت پایین الکترودهای مصرفی

نکاتی در مورد جوشکاری ساختمانی

پس از زلزله بم و از دست دادن بیش از ۲۵۰۰۰ تن از هم وطنان عزیزمان و خسارات شدید مالی بر آن شدم که مطالبی در این زمینه تهیه کنم که متأسفانه همان وسواس ذکر شده باعث شد مطلبی درج نشود تا امروز به این نتیجه رسیدم که اطلاعات آنچنان تخصصی و سطح بالایی رانباید ارائه بدهم آن هم به این دلیل که متأسفانه آنقدر بی توجهی و بی برنامهگی موجود است که عنوان هر نکته ای می تواند بسیار مفید باشد. چطور می تواند مفید باشد، بدین خاطر که به نظر اینجانب ما ایرانی ها با این مکانیزم و سیستم و فرهنگی که هم اکنون بر فکر و زندگی ما حاکم است لازم است تا همه چیز را بدانیم، به عبارتی لازم است تا ساختمان محل زندگیمان را خود بسازیم یا حداقل بر ساخت و کیفیت آن نظارت کنیم چون در غیر این صورت یا کسی برای ما این کار را نخواهد کرد یا شخصی که مسئول این کار است تخصص، دقت یا خدای ناکرده تعهد لازم را دارا نیست. از اینجاست که مردم ما به انسانهای همه کاره و صدالبته هیچ کاره تبدیل می شوند، انسانهایی که توانایی سرویس و تعمیرات جزئی خودرو خود را دارند، رایانه خود را می توانند تعمیر یا به روز کنند، ولی در هیچ کاری و بخصوص

در شغل اصلی خودشان آن طور که باید و شاید متخصص و قابل اتکا نخواهند بود. درج این مطالب بدین معنا نیست که نگارنده خود را از این امر مستثنی می داند، به هیچ وجه، بلکه باعث افتخار اینجانب است که در این باتلاق یا منجلاب مشکلات در کنار هموطنان خود بوده و در مبارزه با این مشکلات با آنها سهیم هستم، شاید خوانندگان عزیز عنوان کنند در جایی که باید مطالب فنی و صنعتی درج شود چرا چنین بحثی پیش کشیده شده است بدین خاطر که به نظر بنده مسائل فرهنگی دارای نقش بنیادی و اساسی بوده و بحث در مورد آنها ضرورت بیشتری دارد ولی رفع آنها بسیار مشکل و زمان بر است.

از جمله این مسائل فرهنگی که لازم می دانم در اینجا خاطر نشان نمائم و بسیار مرتبط با عنوان ذکر شده است آن سخنی است که استاد گرانمایه جناب آقای دکتر عکاشه متخصص امور زلزله فرمودند وقتی که خردادماه امسال زمین لرزه بلده تهران را لرزاند ایشان در مصاحبه ای رادیویی علاوه بر توضیح مرارتهایی که سالها کشیده اند و علاوه بر بیان توضیحاتی که به مسئولین داده اند بیان کردند زلزله یک امر کاملاً طبیعی وزمینی است و نباید آن را به یک مسئله آسمانی تبدیل کنیم. به عبارتی همانطور که زیر باران نمی ایستیم یا بوسیله چتر، بارانی و لباس مناسب خود را از خیس شدن و امراض آتی حفظ می کنیم همانطور نیز باید خود را در مقابل زلزله ایمن بسازیم. باز این مسئله فرهنگی از آن جهت حائز اهمیت است که خواننده ای که به امر فوق معتقد باشد با کوشش و تلاش مطالبی حتی صدها برابر بهتر از مطالب این نوشتار را با سعی و تلاش خواهد یافت و به آنها عمل خواهد کرد ولی کسی که به امر فوق اعتقاد نداشته باشد حتی به توصیه های این نوشتار نیز عمل نخواهد نمود.

اما نکات یا توضیحات فنی در زمینه امر جوشکاری ساختمانی به شرح زیر به استحضار رسانده می شود:

۱- جوشکاری در هوای سرد، محیط کثیف و نمناک باعث کیفیت نامطلوب جوش حاصله خواهد شد. بارها دیده شده است که جوشکاران ساختمانی در هوای حتی بارانی مشغول جوشکاری هستند استدلال جوشکاران یا گاهی سرپرستهای جوشکاری ساختمانی هم این است که به دلیل درجه حرارت بالایی که جوش یا همان قوس الکتریکی دارا می باشد وقتی فولاد را ذوب می نماید دیگر بخار آب یا حتی خود ذرات باران نمی تواند به آن آسیبی رسانده بطور آنی و بطور کامل از بین برده خواهد شد، این استدلال در برخورد اول درست به نظر می رسد ولی در اصل درست نمی باشد به این دلیل که گرچه در حالت جوشکاری فولاد به درجه ذوب رسیده است ولی به دلیل انتقال حرارت سریع فولاد و انرژی بسیار زیاد مورد نیاز فقط حجم کوچکی از درز جوش مورد نظر در حالت مذاب قرار داشته و این مقدار کم نیز بطور سریع به شکل جامد در می آید و ذرات بخار تولید شده در بین جوش مورد نظر محبوس شده و یک جوش متخلخل یا به اصطلاح کرمو را تولید می کند این ساختار متخلخل هیچگاه مقاومت یک جوش سالم و بدون تخلخل را از خود نشان نخواهد داد.

با آغاز زمستان مبحث جوشکاری در هوای سرد اهمیت پیدا می کند همانطور که در قسمت بالا توضیح داده شد، جوش مقدار کمی از فلز مذاب با دمای بالا است که این فلز مذاب در تماس با مقدار زیادی فلز غیر مذاب با دمایی بیش از هزار درجه پایین تر است در فصل زمستان این اختلاف درجه حرارت باز هم بیشتر می شود و انرژی گرمایی باز هم سریعتر از منطقه گرم منتقل می شود این امر باعث ترد و شکننده شدن جوش حاصله می شود که به هیچ وجه مناسب نیست.

کثیفی درز جوش را می تواند بوسیله دو گروه ماده باشد یکی موادی که به آسانی ذوب و تبخیر می شوند مثل ضدزنگ یا موادی که به آسانی ذوب نمی شوند مثل خرده های آجر، سیمان و ملات، دسته اول همان حبابها و حفره های ذکر شده در قسمت قبل را ایجاد می کنند و دسته دوم می توانند

آخالها و ناخالصی های غیر فلزی را تشکیل دهند که هر دو حالت فوق باعث کاهش استحکام جوش حاصله می شوند.

بنابر توضیحات فوق باید از جوشکاری در هوای بارانی، مرطوب و سرد خودداری کرد و در صورت لزوم باید محل جوشکاری به وسیله شعله خشک و گرم شود و از بارش باران محفوظ بماند. از جهت دیگر در صورت استفاده از تیرآهنهای ساختمان قدیمی برای ساخت ساختمان جدید باید درز جوشها در فاصله مناسب بطور کامل بوسیله برس سیمی از هر گونه ضدزنگ و ذرات آجر، سیمان و ملات بطور کامل پاک شوند

ایمنی و بهداشت در جوشکاری

جوشکاری : عبارت از متصل کردن قطعات به وسیله حرارت ، فشار یا هر دوی آنها .
لحیم کاری یا جوشکاری به وسیله ذوب کردن و متصل کردن فلز یا آلیاژی که نقطه ذوبشان پائین تر از قطعات فلز است صورت می پذیرد. که فلزی که به عنوان فلز جوش دهنده بکار می رود می تواند دارای سمیت بالایی باشد.
برش فلزات بوسیله حرارت دادن فلز توسط شعله و هدایت کردن یک جریان اکسیژن در مسیر برش صورت می پذیرد.

مخاطراتی که جوشکاری برای سلامتی ایجاد می کند:

گازها و دمه های فلزی

دود حاصل از جوشکاری حاوی مخلوطی از ذرات بسیار کوچک و گازها. بسیاری از اجسام در دود جوشکاری مثل کروم/نیکل/آرسنیک/آسبست/منگنز/سیلیکا/بریلیوم/کادمیم/اکسید ازت/فسژن/آکرولین/ترکیبات فلتورین/مونواکسید کربن/کبالت/مس/سرب/ازن/سلنیوم و. زیرکونیوم میتوانند بشدت خطرناک باشند.

به طور کلی دمه ها و گازهای مورد نظر از منابع زیر حاصل میشوند :

- از فلزی که به عنوان فلز پایه که جوشکاری بر روی آن صورت می پذیرد و یا ماده ای که به عنوان ماده جوش بکار می رود .
 - پوشش و یا رنگی که روی فلز ی که جوشکاری میشود وجود دارد .
 - گازهای محافظ که در جوشکاری کاربرد دارد .
 - واکنشهای شیمیایی که نتیجه عمل پرتوهای رادیو اکتیو و حرارت هستند.
 - فرایند
 - آلوده کننده های هوا برای مثال بخارات پاک کننده های چربیها.
- صدمات ناشی از جوشکاری بر سلامتی بر قسمت های مختلف بدن از جمله ریه ها / قلب / کلیه و مغز میباشد

جوشکاری فولادهای Corten

فولادهای کورتن (Corten) از انواع فولادهای مقاوم به هوازدگی (Weathering) و معادل فولادهای A242 و A588 میباشد.

این فولادها به مرور زمان بصورت طبیعی اکسید شده و به رنگ قهوه ای مایل به نارنجی درآمده و سطحی زبر ایجاد میکنند. فولادهای کورتن عموماً برای سازه های فضای آزاد استفاده میشوند. این فولادهای استحکام بالا مقاومت خوردگی اتمسفری بالاتری نسبت به فولادهای معمولی داشته و بر خلاف ظاهر زنگار گرفته آسیب پذیری در برابر خوردگی آنها کمتر از فولادهای کربنی استاندارد میباشد.

در جوشکاری این فولادها اغلب به مقاومت خوردگی و همخوانی رنگ آنها توجه میگردد. در جوشکاری تک پاسه اغلب از الکترودهای فولادی معمولی استفاده میشود چرا که نفوذ فلز پایه در ناحیه جوش باندازه ای خواهد بود که همخوانی رنگی مناسبی ایجاد نماید.

در مواردی که نیاز به استحکام از اهمیت بیشتری برخوردارست و مقاومت خوردگی و تشابه رنگی مد نظر نیست، از الکترودهای کم هیدروژن سری E80, E70, E100, E90 و یا E110 میتوان استفاده کرد. از این الکترودها در جوشکاریهای چند پاسه نیز میتوان در پاسهای زیرین استفاده نموده و دو پاس نهایی را جهت ایجاد مقاومت خوردگی و تشابه رنگی از الکترودهای مخصوص استفاده کرد.

جهت دستیابی به مقاومت خوردگی و تشابه رنگی باید از الکترودهای خاص استفاده کرد. رایجترین این الکترودها شامل E80XX-W1, E80XX-W2 و E80XX-C3 میباشد. همچنین سیم جوشهای ER80 S-Ni1 یا ER 80C-Ni1 نیز میتوانند خواسته های فوق را برآورده سازند.

معيار انتخاب فلز جوش آلومینیوم

هنگامی که قصد تعیین یک فلز جوش بهینه را دارید باید کارآیی و کیفیت نهایی قطعه را مد نظر قرار دهید. ممکن است برای جوشکاری یک آلیاژ بتوان از چند نوع فلز جوش متفاوت استفاده کرد اما فقط یکی از آنهاست که برای شرایط مورد نظر حالت بهینه را ایجاد میکند. فاکتورهای اصلی که برای انتخاب فلز جوش در نظر گرفته میشوند عبارتند از:

• سهولت جوشکاری

• استحکام کششی یا برشی جوش

- چکش خواری جوش
 - دمای کاری
 - مقاومت خوردگی
 - همخوانی رنگ جوش و فلز پایه پس از آندایز
 - حساسیت نسبت به ترک حین جوش
- سهولت جوشکاری اولین فاکتوریست که در اغلب جوشکاریها در نظر گرفته میشود. بطور کلی آلیاژهای آلومینیوم غیر قابل عملیات حرارتی را میتوان با فلز جوش با ترکیبی مشابه فلز پایه جوشکاری کرد. آلیاژهای آلومینیوم عملیات حرارتی پذیر که از نظر متالورژیکی پیچیده ترند، نسبت به ترک گرم ناشی از جوشکاری حساسیت بیشتری دارند. اغلب در این موارد از فلز جوشهایی با عناصر آلیاژی بیشتر استفاده میشود.
- آلیاژهای خالص سری XXX۱ و ۳۰۰۳ با سیم جوش ۱۱۰۰ و یا سیم جوش آلیاژی آلومینیوم-سیلیکون مانند ۴۰۴۳ جوشکاری میشوند.
 - آلیاژ ۲۲۱۹ بهترین جوشپذیری را بین آلیاژهای سری XXX۲ از خود نشان میدهد و براحتی با سیم جوشهای ۲۳۱۹، ۴۰۴۳ و ۴۱۴۵ قابل جوشکاری میباشد.
 - سیم جوش آلومینیوم-سیلیکون-مس ۴۱۴۵ کمترین حساسیت نسبت به ترک را در جوشکاری آلیاژهای ریخته گری آلومینیوم-مس و آلومینیوم-سیلیکون-مس از خود نشان میدهد.

• حساسیت ترک جوش آلیاژهای آلومینیوم-منیزیوم با بالاتر رفتن مقدار منیزیوم جوش از ۲٪، کاهش میابد.

• آلیاژهای سری XXX۶ براحتی با سیم جوشهای آلومینیوم-سیلیکون مانند ۴۰۴۳ و ۴۰۴۷ قابل جوشکاری هستند. هرچند که سیم جوشهای آلومینیوم-منیزیوم را نیز میتوان برای آلیاژهای کم مس سری XXX۶ در مواردی که استحکام برشی و چکش خواری بالاتری نیاز است بکار برد.

• آلیاژهای آلومینیوم-روی-منیزیوم در محدوده وسیعی حساسیت نسبت به ترک حین جوشکاری از خود نشان میدهند. آلیاژهای ۷۰۰۵ و ۷۰۳۹ با مقادیر کم مس ($>0.1\%$) محدوده ذوب باریکی دارند و میتوان آنها را با سیم جوشهای منیزیوم بالا مانند ۵۳۵۶، ۵۱۸۳ و ۵۵۵۶ جوشکاری نمود. آلیاژهای سری XXX۷ که دارای مقدار قابل توجهی مس هستند مانند ۷۹۷۵ و ۷۱۷۸ دارای محدوده ذوب وسیعی همراه با دمای انجماد پایین هستند و بشدت به ترک حین جوش حساس میباشند.

یکی از بهترین روشهای انتخاب سیم جوش آلومینیوم استفاده از جدول انتخاب سیم جوش آلومینیوم AlcoTec است

ترک انجمادی در جوشکاری آلومینیوم

یکی از عیوب رایج در جوشکاری آلومینیوم ترک انجمادی یا ترک گرم است. این ترک معمولاً در اثر ترکیبی از ضعف متالورژیکی و اعمال تنشهای عمود بر جهت جوشکاری ایجاد میشود. ضعف متالورژیکی ناشی از ترکیب نامناسب فیلر و فلز پایه (قرار گرفتن در محدوده ترکیب شیمیایی بحرانی) و تنشهای عرضی نیز در اثر انقباض حین انجماد میباشد. بنابراین برای کاهش احتمال

ترک باید به نحوی تنشهای عرضی را کاهش داد و از رسیدن به محدوده ترکیب شیمیایی بحرانی اجتناب نمود. کاهش تنشهای عرضی جوش حین انجماد را میتوان با روشهای متداول مانند استفاده از فیکسچر و یا استفاده از فیلرهایی با نقطه انجماد کمتر از فلز پایه بدست آورد. برای اجتناب از رسیدن به ترکیب شیمیایی بحرانی باید شناخت کافی از نمودارهای حساسیت نسبی ترک (Crack Sensitivity Relative) داشت. شکل زیر نمودار حساسیت نسبی ترک را برای عناصر آلیاژی رایج در جوشکاری آلومینیوم نشان میدهد.



سیلیکون بین ۰.۵-۲.۰٪ در ترکیب فیلر/فلز پایه تولید فلز جوش حساس به ترک میکند. جوش با این ترکیب شیمیایی اغلب حین انجماد دچار ترک میشود. هنگام جوشکاری آلومینیوم خالص سری XXX۱ با فیلرهای Al-Si گروه XXX۴ باید دقت کافی صورت گیرد تا ترکیب جوش در محدوده ترک بحرانی قرار نگیرد.

همانطور که در شکل مشاهده میشود مس در آلیاژهای آلومینیوم محدوده وسیعی از حساسیت به ترک را ایجاد میکند.

منیزیم از ۰.۵-۳.۰٪ تولید فلز جوش حساس به ترک مینماید. موضوع مهم دیگری که به آلیاژهای Al-Mg برمیگردد و رابطه مستقیم با نمودار حساسیت ترک ندارد امکان جوشکاری این آلیاژها با فیلر Al-Si گروه XXX۴ است. آلیاژهای با کمتر از ۲.۸٪ منیزیم را میتوان با فیلرهای

Al-Mg یا Al-Si جوشکاری کرد. اما آلیاژهایی با منیزیوم بیشتر از ۲.۸٪ را نمیتوان با فیلرهای

Al-Si گروه XXX۴ جوشکاری نمود. علت این موضوع به ایجاد مقدار زیادی ترکیب یوتکتیکی

Si_۲Mg در ساختار جوش و کاهش داکتیلیتی و افزایش حساسیت به ترک برمیگردد.

رایج ترین حالت ترک گرم مربوط به آلیاژهای آلومینیوم-منیزیوم-سیلیکون سری XXX۶ میباشد.

بعنوان مثال آلیاژ ۶۰۶۱ دارای ۱٪ Si_۲Mg میباشد که با توجه به نمودار شکل بالا بدترین حالت

است. این آلیاژ حتی در برش پلاسما نیز در لبه های برش دچار ترک گرم میشود و باید لبه برش را

با ابزار مکانیکی برداشت. جوشکاری این آلیاژها همراه با ترک است مگر در صورتیکه از فیلری

استفاده شود که ترکیب آلیاژی جوش را تغییر داده و حساسیت ترک را کاهش دهد. این آلیاژها را

میتوان با فیلرهای XXX۴ و XXX۵ جوشکاری نمود. نکته قابل توجه اینست که باید درصد Si_۲Mg

با اضافه کردن مقدار مناسب فیلر در ناحیه جوش کاهش یابد. همچنین در جوشکاری آلیاژهای

سری XXX۶ با فیلرهای سری XXX۵ باید دقت شود که فیلر به اندازه کافی به ناحیه جوش اضافه

شود تا جوش در محدوده بحرانی Al-Mg قرار نگیرد.

جوشکاری فولادهای پر کرم مارتنزیتی

فولادهای پر کرم مارتنزیتی جزو فولادهای آلیاژی مقاوم به خزش میباشند که تا دمای ۶۰۰ درجه

سانتیگراد قابل استفاده هستند. از جمله این فولادها میتوان به دو فولاد زیر اشاره کرد:

X 20 CrMoV 12 1 & X 20 CrMoNi 11 1

برای جوشکاری این فولادها باید روشهای خاصی اجرا گردد. مهمترین روشهای جوشکاری

فولادهای پر کرم مارتنزیتی به شرح ذیل میباشند:

الف) جوشکاری آستنیتی :

در این روش جوشکاری در دمای $350 - 450^{\circ}\text{C}$ انجام می گیرد . در این حالت فلز جوش و ناحیه HAZ در فاز آتیسنت باقی می ماند که می تواند تنش های پسماند را کاهش دهد . پس از آن قطعه تا دمای $80 - 120^{\circ}\text{C}$ سرد شده و در زمانی حدود یکساعت نگهداری می شود تا به مارتنزیت تبدیل شود . در صورت کاهش بیشتر دما احتمال ایجاد ترک وجود دارد و در دماهای بالاتر یا زمان کمتر احتمال ایجاد آستنیت باقیمانده که بعداً " به مارتنزیت تمپر نشده تبدیل می شود وجود دارد . در نهایت قطعه باید در دمای حدود 750°C تمپر شود .



ب (جوشکاری مارتنزیتی :

در این روش جوشکاری در دمای $250 - 280^{\circ}\text{C}$ انجام می گیرد بنابراین فلز جوش سریعاً " به مارتنزیت تبدیل می شود . سپس در اثر اعمال لایه بعدی جوش ، لایه زیری تمپر می شود که براحتی بدون وجود احتمال ترک می تواند تا دمای اتاق سرد شده و در نهایت در دمای 750°C تمپر شود

جوشکاری فولادهای گالوانیزه

جوشکاری فولادهای گالوانیزه اغلب به روشهایی مشابه فولادهای بدون پوشش اجرا میشود. پارامترهای جوشکاری را نیز (بجز در مواردی که پوشش ضخیم است) میتوان با اصلاحاتی جزئی مشابه جوشکاری فولاد بدون پوشش در نظر گرفت.

پوشش روی در محل اتصال و اطراف آن حین جوشکاری بدلیل دمای بالای ایجاد شده تبخیر شده و از بین میرود. هرچند که اغلب میتوان با رعایت مواردی خاص این فولادها را بدون برداشتن پوشش ناحیه اتصال جوشکاری کرد اما توصیه میشود برای اطمینان از نتیجه بهتر پوشش اطراف ناحیه اتصال به فاصله یک تا چهار اینچ از هر طرف برداشته شود.

مهمترین مشکل جوشکاری فولادهای گالوانیزه حضور بخارات روی است. این بخارات علاوه بر خطرات بهداشتی (که استفاده از تهویه قویتر و موثر را الزامی میکند) میتواند باعث ایجاد تخلخل در جوش شود. بعنوان مثال بیشترین مشکل تخلخل در اتصالات T شکل بوجود میآید که بدلیل حبس روی در سطح اتصال دو ورق است. این مشکل را میتوان با طراحی مناسب بر طرف ساخت. در این حالت یکی از ۳ روش زیر را میتوان بکار برد:

۱. حذف پوشش در ناحیه اتصال

۲. ایجاد یک فضای حداقل ۱.۶ میلیمتری جهت ایجاد فضای مناسب برای خروج بخار

۳. ایجاد یک شیب حداقل ۱۵ درجه و شروع جوشکاری از طرف مقابل آن



علاوه بر موارد ذکر شده معمولاً سرعت جوشکاری در فولادهای گالوانیزه را برای اطمینان از خروج بخارات روی کمتر از فولادهای بدون پوشش انتخاب میکنند. از طرف دیگر در انتخاب الکتروود نیز باید دقت شود. در صورتیکه مقدار گوگرد الکتروود زیاد باشد (مانند ER 70S-6) باعث میشود تا روی به درون فلز جوش رسوخ کرده و ایجاد ترک نماید (به خصوص در فولادهای با پوشش ضخیم). مقدار گوگرد الکتروود نباید از ۰.۸۵٪ بیشتر باشد

تضمین کیفیت در فعالیتهای جوشکاری

یکی از مهمترین رویه ها در هر فرآیندی رویه تضمین کیفیت است که باید بر اساس استاندارد و یا دستورالعمل مشخصی اجرا گردد. سزی استانداردهای ایزو ۹۰۰۰ به همین منظور تدوین شده اند. اما بر اساس استاندارد ایزو ۹۰۰۰ جوشکاری یکی از فرآیندهای خاص میباشد که روال تضمین کیفیت آن باید بروشی غیر از رویه های معمول دیگر فرآیندها صورت گیرد. به همین منظور موسسه بین المللی استاندارد (ایزو) اقدام به تدوین سری استانداردهای تضمین کیفیت در فرآیندهای جوشکاری نموده است. این سری استانداردها (استانداردهای ایزو سری ۳۸۳۴) با توجه به شرایط مختلف تدوین شده اند و اجرای آنها در کلیه کارگاه ها و کارخانجاتی که فعالیت جوشکاری در آنها اجرا میگردد الزامیست. البته سازمانهای فعال در زمینه جوشکاری میتوانند ایزو ۹۰۰۰ در زمینه ایزو ۳۸۳۴ نیز از موسسات معتبر گواهینامه دریافت نمایند.

این استاندارد کلیه موارد و مراحل کاری لازم جهت تضمین کیفیت فعالیتهای جوشکاری را شرح داده است و یکی از بخشهای اصلی مدیریت جامع جوشکاری میباشد. کاملترین بخش این استاندارد بخش چهارم آن میباشد که کلیه الزامات را شامل میگردد.